



DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2018.08.009  
[www.csumed.org/xbwk/fileup/PDF/201808875.pdf](http://www.csumed.org/xbwk/fileup/PDF/201808875.pdf)

## 双能量CT虚拟单能量成像能级设置对炎症性肠病图像质量的影响

杨海涛, 吴雄, 蒋博, 邓凯, 孙剑宁, 梅习龙

(中南大学湘雅二医院放射科, 长沙 410011)

**[摘要]** 目的: 评估炎症性肠病(inflammatory bowel disease, IBD)患者腹部双能量CT(dual-energy CT, DECT)扫描不同能级噪声优化的虚拟单能量图像(noise-optimized virtual monoenergetic imaging, VMI+)的主观和客观图像质量, 得出最佳重建参数, 提高IBD诊断准确率。方法: 选取2016年4月到2017年6月确诊为IBD的32名患者腹部DECT扫描图像进行线性融合(M\_0.6)、VMI+、传统虚拟单能量图像(virtual monoenergetic imaging, VMI)重建, 虚拟能级为40~100 keV, 间隔为10 keV。以病变肠段部位的图像信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)作为客观图像质量评价标准, 主观图像质量评价由3名放射科医生对总体图像质量、锐利度、病变轮廓、噪声4个方面进行双盲评估。结果: 客观图像质量评价最佳重建参数为40 keV VMI+(SNR 8.28±2.34; CNR 5.10±2.10), 优于线性融合图像(SNR 5.82±1.44; CNR 1.53±0.86)和传统VMI( $P<0.01$ )。主观图像质量评价中, 50 keV VMI+总体图像质量(均值4.80)高于其他图像( $P<0.01$ ), 40和50 keV VMI+锐利度最高(均值分别为4.14和4.25,  $P=0.415$ ), 40 keV VMI+显示病变轮廓能力评分高于其他图像(均值4.52,  $P<0.01$ )。100 keV VMI+和100 keV VMI噪声最低(均值分别为4.58和4.40,  $P\geq0.11$ )。结论: 相比于线性融合和传统VMI重建, 低能级VMI+可显著提高IBD病变部位的腹部DECT扫描图像的主观和客观图像质量。

[关键词] 双能量CT; 噪声优化的虚拟单能量成像; 炎症性肠病

## Effect of a noise-optimized virtual monoenergetic reconstruction technique on dual-energy CT for image quality of inflammatory bowel disease

YANG Haitao, WU Xiong, JIANG Bo, DENG Kai, SUN Jianning, MEI Xilong

(Department of Radiology, Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410011, China)

### ABSTRACT

**Objective:** To assess the value of noise-optimized virtual monoenergetic imaging (VMI+) reconstruction technique on objective and subjective image quality in patients with inflammatory bowel disease (IBD) undergoing abdominal dual-energy computed tomography (DECT).

**Methods:** Datasets from 32 patients (22 men, 10 women) with IBD, who underwent abdominal

收稿日期(Date of reception): 2018-04-20

第一作者(First author): 杨海涛, Email: Shepherdhyt@csu.edu.cn, ORCID: 0000-0001-5503-3609

通信作者(Corresponding author): 梅习龙, Email: mxl91125@csu.edu.cn, ORCID: 0000-0001-8341-4193

DECT, were reconstructed by using the standard linearly blended (M\_0.6), traditional monoenergetic (VMI) and VMI+ algorithms in 10-keV intervals from 40–100 keV. Attenuation in IBD lesions was measured to perform objective evaluation using signal-to-noise (SNR) and contrast-to-noise ratios (CNR). Subjective evaluation was performed by 3 independent blinded radiologists using 5-point Likert scales. The overall image quality, image sharpness, lesion delineation, and image noise were analyzed.

**Results:** Mean SNR and CNR peaked at 40 keV VMI+ series (SNR  $8.28 \pm 2.34$ , CNR  $5.10 \pm 2.10$ ) and they were significantly higher than those in linearly blended (SNR  $5.82 \pm 1.44$ , CNR  $1.53 \pm 0.86$ ) and all VMI series (all  $P < 0.01$ ). Subjective image parameter was the highest for the 50 keV VMI+ series regarding overall image quality (mean 4.80, all  $P < 0.01$ ). The highest image sharpness scores were observed at 40 and 50 keV VMI+ reconstructions (mean 4.14 and 4.25, respectively;  $P = 0.415$ ). VMI+ series at 40 keV provided the highest lesion delineation (mean 4.52, all  $P < 0.01$ ). Image noise was low at the 100 keV VMI+ and VMI series (mean 4.58 and 4.40, respectively;  $P \geq 0.11$ ).

**Conclusion:** Low-keV VMI+ reconstructions improves SNR, CNR, and subjective image quality significantly in patients with IBD.

## KEY WORDS

dual-energy computed tomography; noise-optimized virtual monoenergetic image; inflammatory bowel disease

炎症性肠病(inflammatory bowel disease, IBD)指的是一类原因不明的消化系统慢性肠道炎症性疾病，具有反复发作的特点，主要分为克罗恩病(Crohn's disease, CD)与溃疡性结肠炎(ulcerative colitis, UC)等。以黏膜病变为特点，症状主要表现为腹痛、腹泻、体重减轻<sup>[1]</sup>，肠外症状以关节炎多见<sup>[2-3]</sup>。据调查，IBD近20年来在发展中国家的发病率呈大幅上升之势<sup>[4-5]</sup>，且10%~15%的IBD患者因结直肠癌去世<sup>[6-7]</sup>。结肠镜是临幊上常用的诊断IBD的方法，但是结肠镜不耐受和肠腔狭窄等禁忌证限制了结肠镜的使用<sup>[8]</sup>，多次进行结肠镜检查还会增大肠穿孔的风险。

双能量CT(dual-energy CT, DECT)作为新一代影像检查技术，也开始应用于IBD的诊断。DECT不仅具有更快的扫描速度和更低的辐射剂量，还提供了几种后处理技术以优化图像质量。比如可以使用虚拟平扫技术减少辐射剂量，通过碘图帮助鉴别强化的病灶<sup>[9-10]</sup>。此外，传统虚拟单能量图像(virtual monoenergetic imaging, VMI)可以通过降低虚拟能级来增强对比，更好地显示病灶<sup>[11-12]</sup>。最近，一项基于噪声优化的虚拟单能量图像(noise-optimized virtual monoenergetic imaging, VMI+)技术可在保持同样增强对比能力的同时降低噪声对图像的干扰<sup>[13]</sup>。研究<sup>[14-15]</sup>表明：这些重建技术在临幊上已被用于腹部血管和头颈部肿瘤的成像，并取得了良好的效果。但目前为止，使用VMI和VMI+技术对IBD的图像重建少见报道。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

本研究方案符合人体试验伦理学标准，并得到中南大学湘雅二医院医学伦理委员会批准。研究回顾性纳入2016年4月至2017年6月经治疗证实的32例IBD患者，其中男22例，女10例，年龄17~65( $33.4 \pm 8.6$ )岁；BMI  $15.0 \sim 24.2(17.7 \pm 1.3)$  kg/m<sup>2</sup>。所有患者均在治疗前接受腹部DECT扫描。排除对碘造影剂过敏的患者、妊娠、年龄<16岁及肾功能损害(肌酐>1.8 mmol/L)的患者。此外，出现严重的运动伪影、造影剂外渗及注射方案与标准对比剂注射方案不一致的病例均排除。

### 1.2 扫描方案

采用德国西门子公司第3代DECT(SOMATOM Force)进行腹部DECT检查。动脉期腹主动脉肾动脉水平以上触发扫描(阈值100 Hu)，门静脉期设定在动脉期后加扫描时间30 s，图像采集过程中自动启动头尾方向和深吸气屏气后扫描。非离子型造影剂(优维显，370 mgI/mL)，右肘静脉20 G套管针团注，按照1.2 mL/kg体重，以3.5 mL/s的流速注射。DECT扫描条件设置如下：A球管管电压90 kV；B球管管电压150 kV。旋转时间为0.25 s，螺距设置为0.7，准直0.6 mm。开启管电流调节技术(CARE Dose 4D，西门子)优化管电流选择。记录每位患者的容积CT剂量

指数(volume CT dose index, CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP)，评估双能虚拟单能量成像的辐射剂量。

### 1.3 图像重建

重建横断位层厚1 mm，层间距0.7 mm，重建完成后传输到工作站。DECT薄层数据在一个3D多模态工作站(syngo.via, version VB10B, 西门子)使用软组织卷积核(Qr40, 西门子)和迭代重建技术(ADMIRE, 西门子, strength level 2)处理。工作站自动混合60%低能量数据和40%高能量数据重建标准线性融合图像(M\_0.6)；重建40~100 keV的VMI和VMI+，间隔为10 keV。100 keV以上图像由于碘的CT值太低不予重建<sup>[16]</sup>。

### 1.4 质量评价

#### 1.4.1 客观图像质量评价

由一名不参与主观图像质量评价的具有3年以上工作经验的放射技师对图像进行感兴趣区的选定，避开血管、坏死、水肿、钙化等影响测量结果的部位，在不超出目标范围的前提下感兴趣区面积尽可能大，将圆形感兴趣区分别置于病灶(直径4 mm)、病灶同侧腰大肌(直径12 mm)及病灶同侧背部脂肪(直径4 mm)，测量CT值及标准差，并测量相邻上下层面CT值及标准差，3组数据取均值以减少误差。信号衰减定义为CT值的均值，图像噪声定义为CT值的标准差。图像信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)的计算公式为：SNR=病灶CT值/脂肪CT值的标准差，CNR=(病变CT值-腰大肌CT值)/脂肪CT值的标准差<sup>[17]</sup>。

#### 1.4.2 主观图像质量评价

由3名具有3~6年腹部影像诊断工作经验的放射科医师分别单独对随机顺序排列的图像进行量化评分。图像原始窗宽300 Hu，窗位40 Hu，可根据各自诊断需求调节。为了防止可能的回忆偏差，每位患者每次只随机选取一组重建图像(线性融合、VMI和VMI+中的随机一个能级)，两次评分间隔1周。

量化评分采用5分量表<sup>[18]</sup>，具体为：总体图像质量(1分=不能诊断，2分=诊断影响较大，3分=诊断影响中等，4分=诊断影响较小，5分=诊断无影响)；病灶轮廓(1分=轮廓无法显示，2分=轮廓勉强显示，3分=轮廓显示一般，4分=轮廓显示良好，5分=轮廓显示清晰)；图像锐利度(1分=非常模糊，2分=模糊程度大，3分=中等模糊，4分=模糊程度良好，5分=没有明显模糊)；噪声(以图像颗粒度表示)(1分=广泛噪声，2分=噪声能勉强接受，3分=噪声一般，4分=噪声较少，5分=没有明显噪声)。

### 1.5 辐射剂量加权系数

以标准腹部加权系数0.0153 mSv/(mGy·cm)计算辐射剂量<sup>[20]</sup>。

### 1.6 统计学处理

采用SPSS 20.0统计软件进行数据处理；数据以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示，使用Kolmogorov-Smirnov测试判断数据是否正态分布。对于连续正态分布的变量采用方差分析，多组对比采用Bonferroni correction校正，非正态分布的变量使用Wilcoxon配对测试，检验水准为双侧 $\alpha=0.05$ ， $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

使用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评估观察者间的一致性，ICC<0.20为可信度差，0.21~0.40为轻度可信，0.41~0.60为中度可信，0.61~0.80为高度可信，0.81~1.00为几乎完全可信<sup>[19]</sup>。

## 2 结 果

### 2.1 辐射剂量

CTDIvol为(5.03±0.74) mGy，DLP为(248.59±38.11) mGy·cm，有效剂量为(3.08±0.61) mSv。

### 2.2 客观图像评估

对32例患者的480组图像进行了评估。病变肠段CT值最高出现在40 keV VMI+和40 keV VMI，分别为(184.14±40.63) Hu和(183.46±54.41) Hu，然而40 keV VMI+的噪声值远小于40 keV VMI(分别为23.74±5.07和58.51±13.27， $P<0.01$ )。标准线性融合(M\_0.6)图像病变肠段CT值为(75.91±9.96) Hu，噪声值为13.98±2.73。

40 keV VMI+的SNR和CNR最高(SNR 8.28±2.34；CNR 5.10±2.10)，高于所有VMI和标准线性融合(M\_0.6)图像( $P<0.01$ )。传统VMI中以70 keV能级重建图像SNR和CNR最高(SNR 7.24±1.80；CNR 2.20±1.08)，但低于40~60 keV VMI+。40 keV VMI+的SNR和CNR高于其他VMI+，与80~100 keV VMI+比较差异有统计学意义( $P<0.01$ )。客观图像评估数据见表1。几组不同条件下的重建图像见图1。

### 2.3 主观图像评估

对于总体图像质量评价，50 keV VMI+评分最高(4.80， $P<0.01$ ；ICC 0.56，95% CI: 0.23~0.77)，40 keV VMI评分最低(1.11，ICC 0.66，95% CI: 0.40~0.82)。在VMI中70 keV VMI评分最高(3.66，ICC 0.80，95% CI: 0.64~0.90)。70 keV VMI和40~70 keV VMI+评分均明显高于标准线性融合(M\_0.6)图像(3.20，

ICC 0.73, 95% CI: 0.52~0.86;  $P<0.01$ )。50 keV VMI+锐利度评分最高( $4.25\pm0.54$ , ICC 0.75, 95% CI: 0.55~0.87), 高于其他VMI及标准线性融合(M\_0.6)图像, 差异有统计学意义( $P<0.01$ ); VMI中以70 keV最高( $3.14\pm0.64$ , ICC 0.83, 95% CI: 0.58~0.93)。

病变轮廓评分中40 keV VMI+评分最高( $4.52\pm0.44$ , ICC 0.75, 95% CI: 0.56~0.87), 高于其他图像( $P<0.01$ ); VMI中最高评分出现在70 keV ( $2.82\pm0.70$ , ICC 0.76, 95% CI: 0.49~0.88)。噪声评分最低的图像为40 keV VMI( $1.04\pm0.16$ , ICC 0.74, 95% CI: 0.56~0.86), 即该条件下重建的图像噪声最大, 相比之下40 keV VMI+有良好的噪声评分( $2.51\pm0.39$ , ICC 0.63, 95% CI: 0.36~0.81;  $P<0.01$ )。随着能级的增加, 噪声评分增加, 即图像噪声减少。VMI+噪声评分最高出现在100 keV, VMI噪声评分最高也出现在100 keV, 差异没有统计学意义( $P\geq0.11$ )。主观图像评估数据见表2。

表1 客观图像评价参数比较

Table 1 Comparison of quantitative image parameters

重建条件	病变CT值	SNR	CNR
M_0.6	$75.91\pm9.96$	$5.82\pm1.44$	$1.53\pm0.86$
VMI+/keV			
40	$184.14\pm40.63$	$8.28\pm2.34$	$5.10\pm2.10$
50	$133.26\pm26.53$	$7.62\pm2.14$	$3.97\pm1.79$
60	$102.58\pm18.18$	$7.42\pm1.74$	$3.3\pm1.27$
70	$83.63\pm13.14$	$7.02\pm1.58$	$2.13\pm1.03$
80	$71.30\pm9.72$	$6.81\pm1.63$	$1.42\pm0.87$
90	$62.98\pm7.53$	$6.27\pm1.49$	$0.77\pm0.72$
100	$57.33\pm6.27$	$5.80\pm1.40$	$0.30\pm0.67$
VMI/keV			
40	$183.46\pm54.41$	$3.49\pm1.36$	$2.11\pm1.11$
50	$133.06\pm33.63$	$4.21\pm1.36$	$2.17\pm1.09$
60	$102.40\pm21.13$	$6.02\pm1.82$	$2.49\pm1.23$
70	$82.99\pm13.36$	$7.24\pm1.80$	$2.20\pm1.08$
80	$71.37\pm9.43$	$6.19\pm1.53$	$1.35\pm0.84$
90	$63.30\pm7.80$	$4.63\pm1.02$	$0.64\pm0.62$
100	$57.76\pm7.29$	$3.67\pm0.76$	$0.25\pm0.50$

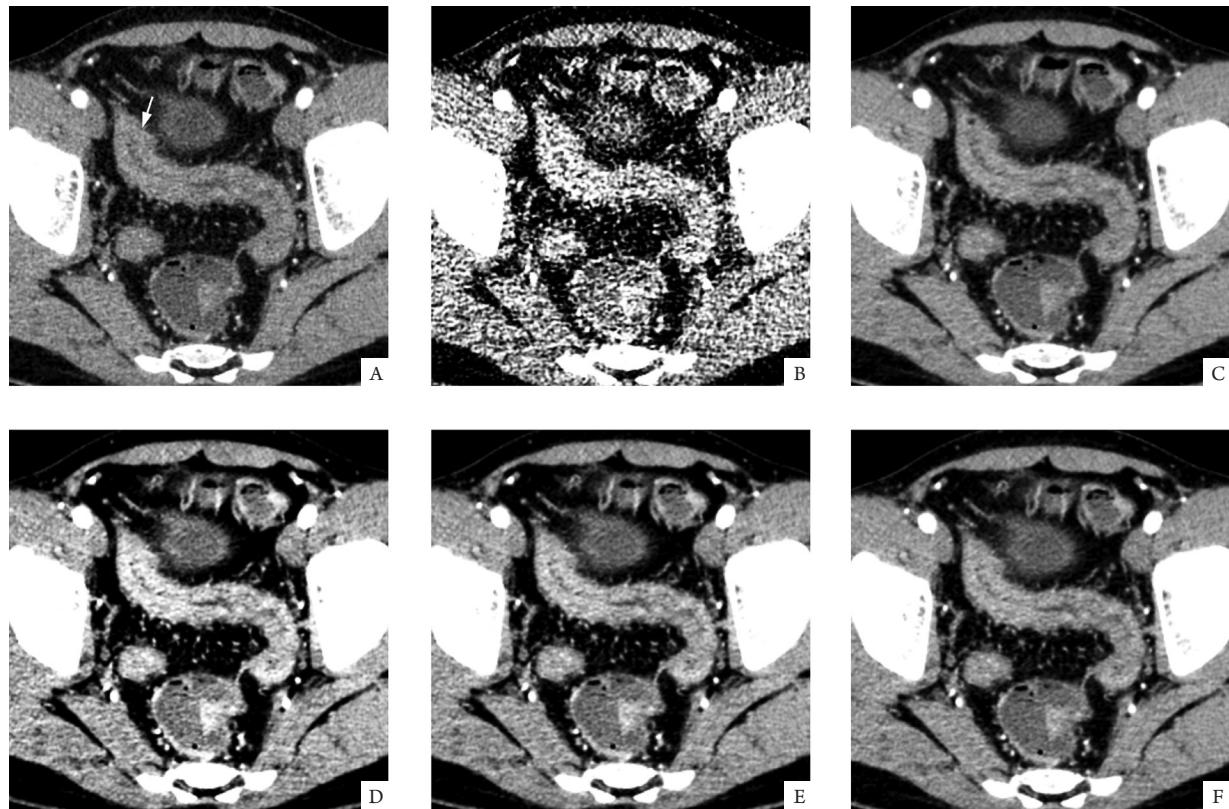


图1 不同重建参数下病变的图像(白色箭头所示)

Figure 1 Image of lesions with different reconstruction parameters (white arrow)

A: M\_0.6; B: 40 keV VMI; C: 70 keV VMI; D: 40 keV VMI+; E: 50 keV VMI+; F: 60 keV VMI+. Window settings were as follows: width 300 Hu, level 150 Hu

**表2 主观图像评估参数比较****Table 2 Comparison of parameters of qualitative image assessment**

重建条件	总体图像质量评分	锐利度评分	病变轮廓评分	噪声评分
M_0.6	3.20±0.49	3.38±0.59	2.89±0.49	3.09±0.47
VMI+/keV				
40	4.45±0.37	4.14±0.48	4.52±0.44	2.51±0.39
50	4.80±0.29	4.25±0.54	4.09±0.53	2.60±0.44
60	4.30±0.50	4.02±0.49	4.07±0.64	3.40±0.43
70	3.57±0.47	3.55±0.45	3.54±0.45	3.65±0.50
80	2.83±0.53	3.51±0.42	3.03±0.57	3.71±0.57
90	2.56±0.47	2.53±0.47	2.49±0.39	4.35±0.46
100	2.15±0.53	2.15±0.44	1.84±0.54	4.58±0.44
VMI/keV				
40	1.11±0.24	1.58±0.34	1.43±0.37	1.04±0.16
50	2.20±0.37	2.04±0.48	2.15±0.33	1.73±0.41
60	2.79±0.57	2.94±0.52	2.81±0.49	2.57±0.40
70	3.66±0.58	3.14±0.64	2.82±0.70	3.00±0.62
80	2.93±0.54	2.88±0.62	2.65±0.52	3.40±0.54
90	2.33±0.53	2.65±0.73	2.66±0.78	4.01±0.72
100	1.80±0.52	1.77±0.42	1.64±0.51	4.40±0.47

### 3 讨 论

DECT通过两个不同扫描参数球管独立进行扫描，同时获取两组不同能级的扫描数据，并且可以经虚拟单能量技术重建一系列不同虚拟能级的图像，其中标准线性融合(M\_0.6)图像是由60%低能量数据和40%高能量数据融合生成，以模拟单球管120 keV扫描数据<sup>[21]</sup>。有研究<sup>[22-23]</sup>表明：DECT与单能量CT相比，在进行腹部扫描时并不增加辐射剂量。

在客观图像质量评价中，随着虚拟能级的减低，病变CT值增大，VMI和VMI+均在40 keV时达到最大，且均大于标准线性融合(M\_0.6)图像。VMI中以70 keV的SNR最高，也与之前的研究<sup>[24]</sup>结果吻合。但VMI的噪声值远高于VMI+，低能级时差异更为明显，这是由于VMI+采用了新的重建算法，在原有的增强图像对比的基础上降低了图像噪声<sup>[13]</sup>。与Albrecht等<sup>[14]</sup>在头颈部肿瘤DECT成像的结果一致。Albrecht等<sup>[25-26]</sup>在胸腹部血管和下肢血管VMI+成像的研究结果同样表明低能级VMI+噪声远小于VMI。这说明VMI+相较于VMI在提升头颈部肿瘤及胸腹部、下肢血管图像质量上有重要意义，并已经开始应用于临床。在VMI+中，低能级(40~60 keV)图像有着良好的SNR和CNR，其中40 keV VMI+的SNR和CNR高于所有VMI和标准线性融合(M\_0.6)图像，且差异有统计学意义。因此，笔者认为低能级VMI+有更好的图

像质量。

在主观图像质量评价中，50 keV VMI+总体图像质量和图像锐利度得分最高。虽然40 keV VMI+有更高的病变CT值，SNR和CNR，但是考虑到其更大的噪声影响<sup>[27]</sup>，笔者认为50 keV VMI+更适用于实际临床工作。因此，建议在IBD的DECT扫描中，将50 keV VMI+作为一个常规重建图像。

本研究也存在一些不足之处。第一，由于机器的限制，只评估了标准线性融合图像中M\_0.6的情况，没能对其他融合比例例如M\_0.3, M\_0.5等情况进行评估，但是根据以往的研究<sup>[21]</sup>，M\_0.6与M\_0.5差异不大且图像优于M\_0.3；第二，进行主观图像质量评价的医生已知图像来自IBD患者，可能会对结果造成影响；第三，只研究了不同重建技术对图像质量的影响，没有对诊断准确率进行统计分析，而是假定更好的图像质量对医生诊断的准确率有帮助；第四，由于病例限制，没有对IBD进行分类研究，如CD和UC可能存在不同的最佳重建能级，笔者将在接下来的研究中进一步分类研究。

综上所述，本研究通过客观和主观图像质量评价，表明在IBD的DECT扫描后处理图像中，低能级VMI+的图像质量明显优于VMI和标准线性融合(M\_0.6)图像，因此，建议将50 keV VMI+作为一个常规重建图像以便于医生进行诊断。

## 参考文献

- [1] Vucelic B. Inflammatory bowel diseases: controversies in the use of diagnostic procedures[J]. *Dig Dis*, 2009, 27(3): 269-277.
- [2] Baumgart DC, Sandborn WJ. Inflammatory bowel disease: clinical aspects and established and evolving therapies[J]. *Lancet*, 2007, 369(9573): 1641-1657.
- [3] Rodríguez-Reyna TS, Martínez-Reyes C, Yamamoto-Furusho JK. Rheumatic manifestations of inflammatory bowel disease[J]. *World J Gastroenterol*, 2009, 15(44): 5517-5524.
- [4] Magro F, Langner C, Driessen A, et al. European consensus on the histopathology of inflammatory bowel disease[J]. *J Crohns Colitis*, 2013, 7(10): 827-851.
- [5] Dignass A, Eliakim R, Magro F, et al. Second European evidence-based consensus on the diagnosis and management of ulcerative colitis Part 1: Definitions and diagnosis[J]. *J Crohns Colitis*, 2012, 6(10): 965.
- [6] Ouaissi M, Maggioli L, Alves A, et al. Colorectal cancer complicating inflammatory bowel disease: a comparative study of Crohn's disease vs ulcerative colitis in 34 patients[J]. *Colorectal Dis*, 2011, 13(6): 684-688.
- [7] Herszenyi L, Miheller P, Tulassay Z. Carcinogenesis in inflammatory bowel disease[J]. *Dig Dis*, 2007, 25(3): 267.
- [8] Abt MC, Buffie CG, Susac B, et al. TLR-7 activation enhances IL-22-mediated colonization resistance against vancomycin-resistant enterococcus[J]. *Sci Transl Med*, 2016, 8(327): 327ra25.
- [9] Apfalterer P, Meyer M, Meier C, et al. Contrast-enhanced dual-energy CT of gastrointestinal stromal tumors: is iodine-related attenuation a potential indicator of tumor response?[J]. *Invest Radiol*, 2012, 47(1): 65-70.
- [10] Heye T, Nelson RC, Ho LM, et al. Dual-energy CT applications in the abdomen[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2012, 199(5 Suppl): S64.
- [11] Schabel C, Bongers M, Sedlmair M, et al. Assessment of the hepatic veins in poor contrast conditions using dual energy CT: evaluation of a novel monoenergetic extrapolation software algorithm[J]. *Rofo*, 2014, 186(6): 591-597.
- [12] Sudarksi S, Apfalterer P, Nance JW Jr, et al. Objective and subjective image quality of liver parenchyma and hepatic metastases with virtual monoenergetic dual-source dual-energy CT reconstructions: an analysis in patients with gastrointestinal stromal tumor[J]. *Acad Radiol*, 2014, 21(4): S14-S22.
- [13] Grant KL, Flohr TG, Krauss B, et al. Assessment of an advanced image-based technique to calculate virtual monoenergetic computed tomographic images from a dual-energy examination to improve contrast-to-noise ratio in examinations using iodinated contrast media[J]. *Invest Radiol*, 2014, 49(9): 586-592.
- [14] Albrecht MH, Scholtz JE, Kraft J, et al. Assessment of an advanced monoenergetic reconstruction technique in dual-energy computed tomography of head and neck cancer[J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(8): 2493-2501.
- [15] Albrecht MH, Scholtz JE, Hüser K, et al. Advanced image-based virtual monoenergetic dual-energy CT angiography of the abdomen: optimization of kiloelectron volt settings to improve image contrast[J]. *Eur Radiol*, 2016, 26(6): 1863-1870.
- [16] Sudarksi S, Apfalterer P, Nance JW Jr, et al. Optimization of keV-settings in abdominal and lower extremity dual-source dual-energy CT angiography determined with virtual monoenergetic imaging[J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82(10): 574-581.
- [17] Martin SS, Albrecht MH, Wichmann JL, et al. Value of a noise-optimized virtual monoenergetic reconstruction technique in dual-energy CT for planning of transcatheter aortic valve replacement[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(2): 1-10.
- [18] Wichmann JL, Nöske EM, Kraft J, et al. Virtual monoenergetic dual-energy computed tomography: optimization of kiloelectron volt settings in head and neck cancer[J]. *Invest Radiol*, 2014, 49(11): 735-741.
- [19] Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability[J]. *Psychol Bull*, 1979, 86(2): 420-428.
- [20] Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT protocols: sex- and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product[J]. *Radiology*, 2010, 257(1): 158-166.
- [21] Behrendt F, Schmidt BC, Keil S, et al. Image fusion in dual energy computed tomography: effect on contrast enhancement, signal-to-noise ratio and image quality in computed tomography angiography[J]. *Invest Radiol*, 2009, 44(10): 1-6.
- [22] De Cecco CN, Darnell A, Macías N, et al. Second-generation dual-energy computed tomography of the abdomen: radiation dose comparison with 64- and 128-row single-energy acquisition.[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2013, 37(37): 543-546.
- [23] Wichmann JL, Hardie AD, Schoepf UJ, et al. Single- and dual-energy CT of the abdomen: comparison of radiation dose and image quality of 2nd and 3rd generation dual-source CT[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(2): 642-650.
- [24] Yamada Y, Jinzaki M, Tanami Y, et al. Virtual monochromatic spectral imaging for the evaluation of hypovascular hepatic metastases: the optimal monochromatic level with fast kilovoltage switching dual-energy computed tomography[J]. *Invest Radiol*, 2012, 47(5): 292-298.
- [25] Albrecht MH, Trommer J, Wichmann JL, et al. Comprehensive comparison of virtual monoenergetic and linearly blended reconstruction techniques in third-generation dual-source dual-energy computed tomography angiography of the thorax and abdomen[J]. *Invest Radiol*, 2016, 51(9): 582-590.
- [26] Wichmann JL, Gillott MR, De Cecco CN, et al. Dual-energy

- computed tomography angiography of the lower extremity runoff:  
impact of noise-optimized virtual monochromatic imaging on image  
quality and diagnostic accuracy[J]. Invest Radiol, 2016, 51(2): 139-  
146.
- [27] Krauss B, Grant KL, Schmidt BT, et al. The importance of spectral  
separation: An assessment of dual-energy spectral separation for  
quantitative ability and dose efficiency[J]. Invest Radiol, 2015,  
50(2): 114-118.

(本文编辑 彭敏宁)

**本文引用:** 杨海涛, 吴雄, 蒋博, 邓凯, 孙剑宁, 梅习龙. 双能量CT虚拟单能量成像能级设置对炎症性肠病图像质量的影响[J]. 中南大学学报(医学版), 2018, 43(8): 875-881. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2018.08.009

**Cite this article as:** YANG Haitao, WU Xiong, JIANG Bo, DENG Kai,  
SUN Jianning, MEI Xilong. Effect of a noise-optimized virtual  
monoenergetic reconstruction technique on dual-energy CT for image  
quality of inflammatory bowel disease[J]. Journal of Central South  
University. Medical Science, 2018, 43(8): 875-881. DOI:10.11817/  
j.issn.1672-7347.2018.08.009

## 领跑者5000——中国精品科技期刊顶尖学术论文平台(F5000)

为了进一步推动我国科技期刊的发展,提高其整体水平,更好地宣传和利用我国的优秀学术成果,起到引领和示范的作用。中国科学技术信息研究所(中信所)在中国精品科技期刊中遴选优秀学术论文,建立了“领跑者5000——中国精品科技期刊顶尖学术论文平台(F5000)”,集中对外展示和交流我国的优秀学术论文。

在《中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)》的基础上,计算每篇论文在5年时间窗口内累计被引用的次数。强化单篇论文定量评估方法的研究和实践。采用定量分析和定性分析相结合的方法,对学术期刊的质量和影响力作了进一步的科学评价,遴选新的精品科技期刊,并从每种精品期刊中择优选取这5年期间发表的最多20篇学术论文作为F5000的提名论文。

中信所与汤森路透集团达成了合作意向,汤森路透提供F5000论文被SCI论文引用的数据链接,经过汤森路透中国公司与美国总部技术人员的多次协调,目前这一工作已基本实现,F5000平台实现2个月更新一次被引次数,并提供F5000论文在Web of Science中引用链接。Web of Science在2013年提供F5000论文的被引次数和引用链接以来,F5000论文的被引次数显著增长。未来,F5000将进入汤森路透的Incites评价数据库系统平台,成为Web of Science的一部分。

中信所与爱思唯尔合作建立了“F5000和Mendeley学者俱乐部”,开展对入选学者俱乐部的研究人员的推荐、管理、培训等活动,向国际同行展示中国在世界科研领域居于领先地位的研究成果和科学家,为我国优秀学者营造国际高端学术交流环境。

中信所将与日本JST在F5000项目方面进行合作,实现F5000论文信息、引文信息与JST旗下J-stage中日文论文信息、引文信息互换与共享。旨在深化中日两国科技合作,深入了解双方顶尖科研成果的相互影响状态和趋势。

中信所向约翰威立国际出版公司推荐F5000的作者,作为其期刊评审专家或期刊编委会成员,面向第一批推荐作者的专家培训会已在2013年11月份召开,并颁发了证书,今后将继续举办推荐专家培训会。